

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 199 13 681 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 C 7/14**

21 Aktenzeichen: 199 13 681.5  
22 Anmeldetag: 25. 3. 1999  
43 Offenlegungstag: 5. 10. 2000

DE 199 13 681 A 1

71 Anmelder:

Saar Energie GmbH, 66115 Saarbrücken, DE;  
ENTROPIE GmbH, 85435 Erding, DE

72 Erfinder:

Johännitgen, Uwe, Dr., 66787 Wadgassen, DE;  
Zapp, Anton, 66346 Püttlingen, DE; Bies, Dietmar,  
66763 Dillingen, DE; Scharfe, Jürgen, Dr., 85435  
Erding, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

54 Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie in einem Gasturbinenprozeß

57 Bei einem Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie in einem Gasturbinenprozeß, bei dem Frischluft in einem Luftverdichter verdichtet, in einer Brennkammer erhitzt und anschließend in einer Gasturbine arbeitsleistend entspannt wird, wobei ein Teil der gewonnenen Energie zum Antrieb des Luftverdichters verbraucht und der Rest in elektrische Nutzenergie umgewandelt wird, wird vorgeschlagen, die Frischluft vor Eintritt in den Luftverdichter im Wärmetausch mit einem Kälte­träger auf eine Temperatur  $\leq 10^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise auf  $5^{\circ}\text{C}$ , abzukühlen und das dabei ggf. auskondensierende Wasser vor Eintritt der Frischluft in den Verdichter aus dieser zumindest teilweise abzutrennen.

DE 199 13 681 A 1

BEST AVAILABLE COPY

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie in einem Gasturbinenprozeß, bei dem Frischluft in einem Luftverdichter verdichtet, in einer Brennkammer erhitzt und anschließend in einer Gasturbine arbeitsleistend entspannt wird, wobei ein Teil der gewonnenen Energie zum Antrieb des Luftverdichters verbraucht und der Rest in elektrische Nutzenergie umgewandelt wird.

Die nutzbare elektrische Leistung eines Gasturbinenprozesses und damit auch dessen Wirkungsgrad ist u. a. nicht unwesentlich abhängig vom Energiebedarf zum Verdichten der als Reaktionspartner für die Verbrennungsreaktionen in der Brennkammer und als Arbeitsmittel für die Gasturbine benötigten Frischluft von etwa atmosphärischen Druck auf den Eingangsdruck der Gasturbine.

Dabei ist aus thermodynamischen Gründen die aufzuwendende Verdichtungsarbeit um so größer je höher die Eingangstemperatur der zu verdichtenden Frischluft ist.

Aus diesem Grunde wurde auch bereits vorgeschlagen, in Gasturbinenkreisläufen die benötigte Frischluft vor der Verdichtung zu kühlen. Die Kühlung selbst erfolgt in sogenannten Verdunstungskühlern, wobei Wasser in die Frischluft eingespritzt und die für die Verdunstung des Wassers benötigte Verdampfungswärme der sich dabei abkühlenden Frischluft entzogen wird.

Bei diesen bekannten Systemen, die oberhalb des Taupunktes der befeuchteten Frischluft arbeiten, hängt die Menge des verdunsteten Wassers und damit auch die erreichbare Kühlleistung ab von der Eingangstemperatur der Frischluft und deren Eingangsfeuchte, d. h. also, von den jeweiligen Witterungsbedingungen. Damit ergibt sich aber auch zwangsläufig, daß eine klar definierte Kühlung der Frischluft unabhängig von Witterungsbedingung auf eine konkret vorgegebene Temperatur nach dem bekannt gewordenen Stand der Technik nicht möglich ist.

Dies dürfte auch der Grund dafür sein, daß die beschriebene Art der Frischluftkühlung bisher keinen allgemeinen Eingang in die Technik der Stromerzeugung in Gasturbinenanlagen gefunden hat.

Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, in einem Gasturbinenprozeß den Energieverbrauch eines Luftverdichters merklich zu reduzieren und somit den Gesamtwirkungsgrad der Gasturbinenanlage deutlich zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der Eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Frischluft vor Eintritt in den Luftverdichter im Wärmetausch mit einem Kälte Träger auf eine Temperatur von  $\leq 10^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise etwa  $5^{\circ}\text{C}$ , abgekühlt und das dabei auskondensierende Wasser vor Eintritt der Frischluft in den Verdichter aus dieser zumindest teilweise abgetrennt wird.

Durch die vorgeschlagene Behandlung der zu verdichtenden Frischluft eines Gasturbinenprozesses, nämlich zunächst eine Kühlung der Frischluft auf ein konstantes Eingangstemperaturniveau von  $< 10^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise auf etwa  $5^{\circ}\text{C}$ , vorzunehmen und gleichzeitig das auskondensierende Wasser aus der zu verdichtenden Frischluft abzuscheiden, ergibt sich die Möglichkeit, den Luftverdichter unabhängig von den jeweiligen Witterungsbedingungen zu betreiben. Im Grunde kann damit unabhängig von Jahreszeiten mit entsprechenden Temperatur- und Feuchteschwankungen der Verdichter konstant im optimalen "Winterbetrieb" gefahren werden.

Die Kühlung der zu verdichtenden Frischluft erfolgt im Wärmetausch mit einem Kälte Träger, der zweckmäßigerweise eine Temperatur  $\leq 7^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise etwa  $2^{\circ}\text{C}$ , aufweist.

Die erfindungsgemäß vorgesehene Abscheidung des im

Zuge der Abkühlung der Frischluft auskondensierenden Wassers kann mittels marktüblicher Tropfenabscheider erfolgen.

Der Wärmetausch zwischen Frischluft und dem Kälte Träger kann sowohl indirekt als auch direkt durchgeführt werden.

Im Falle der indirekten Kühlung wird zum Transport der benötigten Kälte zweckmäßigerweise ein geschlossener Kältekreislauf vorgesehen, in dem die Kälte mittels des zirkulierenden Kälte Trägers vom Ort der Erzeugung zum Ort des Verbrauchs transportiert wird.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung erweist es sich jedoch als besonders vorteilhaft, als Kälte Träger gekühltes Wasser vorzusehen und die Kälte im direkten Wärmetausch auf die Frischluft zu übertragen. Zweckmäßigerweise erfolgt dabei die Übertragung der Kälte in einem Rieselskühler entweder im Gegenstrom oder auch im Querstrom zu der zu kühlenden Frischluft.

Aufgrund des erfindungsgemäß sowieso vorgesehenen Tropfenabscheiders ist der direkte Wärmetausch zwischen Frischluft und kaltem Wasser nicht mit zusätzlichen Nachteilen hinsichtlich mitgeführter Wassertropfen belastet, da diese ebenfalls im Tropfenabscheider aus der Frischluft abgeschieden werden.

Durch den direkten Wärmetausch können die Vorteile eines besonders guten Wärmeüberganges von der Frischluft auf den Kälte Träger Wasser voll genutzt werden. Hinzu kommt, daß durch den innigen Kontakt zwischen Kühlwasser und Frischluft im Rieselskühler gleichzeitig mitgeführte Verunreinigungen, wie z. B. Staubpartikel, aus der Frischluft ausgewaschen werden, was zu weiteren Vorteilen im Hinblick auf den Betrieb der zur Verdichtung der Frischluft eingesetzten Hochleistungsverdichter führt. Mit dem vorgeschlagenen Verfahren kann damit neben der Funktion "Kühlung der Verdichterluft" auch die Funktion "Reinigung der Verdichterluft" erfüllt werden. Vorhandene Luftfilter können damit entlastet werden bzw. ggfs. ganz entfallen. Es ist ebenfalls denkbar, daß der Luftkühler die Funktion eines Schalldämpfers für die Gasturbinenanlage übernimmt.

Mit dem vorgeschlagenen Verfahren bei dem ja auskondensierendes Wasser aus der verdichteten Frischluft abgeschieden wird, besteht die vorteilhafte Möglichkeit, das hiermit gewonnene Wasser als Brauchwasser oder als Trinkwasser für anlageninterne oder anlagenexterne Anwendungen zu nutzen.

Zur Abkühlung des Kälte Trägers auf das genannte Temperaturniveau kann im Grunde jede geeignete Kältemaschine eingesetzt werden.

Besonders dann, wenn aus einer geeigneten Wärmequelle Wärme unter einem Temperaturniveau zwischen etwa  $80$  und  $110^{\circ}\text{C}$  kostengünstig zur Verfügung steht, erweist es sich jedoch als besonders vorteilhaft, die Abkühlung des Kälte Trägers in einer Hochleistungsabsorptionskältemaschine vorzunehmen. Derartige Absorptionskältemaschinen zeichnen sich einerseits zwar durch einen relativ hohen Wärmebedarf, andererseits aber auch durch einen niedrigen Strombedarf aus, so daß immer dann, wenn Wärme, z. B. in Form von industrieller Abwärme, auf geeignetem Temperaturniveau zur Verfügung steht, sich der Einsatz derartiger Kältemaschinen als wirtschaftlich sehr vorteilhaft erweist.

Nach einem weiteren besonders vorteilhaften Merkmal der Erfindung, wird der Wärmebedarf der Absorptionskältemaschine mittels Abwärme aus dem Gasturbinenprozeß selbst gedeckt, indem zumindest ein Teil der im heißen Gasturbineabgas noch enthaltenen Restwärme in die Absorptionskältemaschine eingekoppelt wird.

Die Auskoppelung und Übertragung der Gasturbinenabgaswärme in die Absorptionskältemaschine erfolgt zweck-

mäßigerweise mittels eines geschlossenen Wärmeträgerkreislauftes, in dem sowohl gasförmige, wie z. B. Luft, als auch flüssige Wärmeträger, wie z. B. Wasser, Thermoöl, als auch Wärmeträger, die einem periodischen Phasenwechsel unterzogen werden, verwendet werden können.

Im Zusammenhang mit kombinierten Gas- und Dampfkraftwerken, bei denen die Restwärme der Gasturbine in einem Abhitzeessel zur Erzeugung von hochgespanntem Dampf in einem Dampfturbinenkreislauf genutzt wird, kann selbstverständlich die für den Betrieb der Absorptionskältemaschine benötigte Wärme auch an geeigneter Stelle aus dem Wasser-/Dampfkreislauf der Dampfturbine ausgekoppelt werden. Beispielsweise kann die benötigte Wärme aus Frischdampf, Anzapfdampf und/oder aus heißem Kondensat bzw. Speisewasser gewonnen werden.

Bei Vorhandensein geeigneter Infrastrukturen kann es sich selbstverständlich sehr zweckmäßig erweisen, die benötigte Wärme für die Absorptionskältemaschine aus einem Fernwärmesystem auszukoppeln. Auf diese Weise kann dem diskontinuierlichen Fernwärmebedarf – wenig Bedarf im Sommer, großer Bedarf im Winter – in geeigneter Weise gegengesteuert werden, da gerade umgekehrt die benötigte Kühlleistung und damit der Wärmebedarf für die Absorptionskältemaschine im Sommer wesentlich größer ist als im Winter.

Ein weiterer, insbesondere für die Nutzung in wärmeren Regionen der Erde interessanter Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, den Wärmebedarf für die Absorptionskältemaschine mittels thermisch umgesetzter Solarenergie zu decken.

Beispielsweise wird hierbei im Focus eines entsprechend ausgelegten Spiegelsystems Sonnenenergie gebündelt und dabei ein geeigneter Wärmeträger aufgeheizt. Über den im Kreislauf geführten Wärmeträger wird die aufgenommene Solarenergie dann in die Absorptionskältemaschine eingekoppelt. Selbstverständlich kann die benötigte Solarenergie aber auch mittels herkömmlicher Sonnenkollektoren, wie sie z. B. zur Gewinnung von Warmwasser im Wohnbereich zum Einsatz kommen, gewonnen werden.

Durch diese Verfahrensvarianten gelingt es auf einfache Weise, günstig zur Verfügung stehende Solarenergie zur Erhöhung des Wirkungsgrades eines herkömmlichen Gasturbinenprozesses in vollem Umfang zu nutzen, also praktisch ein solarthermisches Kraftwerk darzustellen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie in einem Gasturbinenprozeß, bei dem Frischluft in einem Luftverdichter verdichtet, in einer Brennkammer erhitzt und anschließend in einer Gasturbine arbeitsleistend entspannt wird, wobei ein Teil der gewonnenen Energie zum Antrieb des Luftverdichters verbraucht und der Rest in elektrische Nutzenergie umgewandelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Frischluft vor Eintritt in den Luftverdichter im Wärmetausch mit einem Kälte-träger auf eine Temperatur  $\leq 10^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise etwa  $5^{\circ}\text{C}$  abgekühlt und das dabei ggf. auskondensierende Wasser vor Eintritt der Frischluft in den Verdichter aus dieser zumindest teilweise abgetrennt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Kälte-träger Wasser verwendet wird und die Abkühlung der Frischluft im direkten Wärmetausch erfolgt.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Kälte-trägers bei  $\leq 7^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise bei etwa  $2^{\circ}\text{C}$  liegt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der direkte Wärmetausch zwischen Frischluft und Wasser in einem Rieselskühler durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlung des Kälte-trägers in einer Absorptionskältemaschine erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zum Betrieb der Absorptionskältemaschine benötigte Wärme zumindest teilweise aus industrieller Abwärme gewonnen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zum Betrieb der Absorptionskältemaschine benötigte Wärme zumindest teilweise aus dem Abgas der Gasturbine ausgekoppelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Auskoppelung und Übertragung der Gasturbinenabgaswärme in die Absorptionskältemaschine mittels eines geschlossenen Wärmeträgerkreislauftes erfolgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die im Abgas der Gasturbine enthaltene Restwärme in einem Abhitzeessel zur Erzeugung von hochgespanntem Dampf innerhalb eines Dampfturbinenkreislaufes genutzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die für die Absorptionskältemaschine benötigte Wärme aus dem Wasser-/Dampfkreislauf der Dampfturbine ausgekoppelt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Absorptionskältemaschine mit Fernwärme aus einem Fernwärmeverorgungsnetz betrieben wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Absorptionskältemaschine durch Nutzung von thermisch umgesetzter Solarenergie betrieben wird.